

夏玉米氮、磷、钾积累和分配态势研究

佟昇正 凌碧莹

(中国农业科学院作物研究所, 北京 100081)

摘要 紧凑型玉米掖单 12 号每公顷产 10410 公斤, 需吸收 $N183.75$ 公斤、 $P_2O_5 69.90$ 公斤和 $K_2O 118.05$ 公斤, 每 100 公斤籽粒需要 $N1.76$ 公斤、 $P_2O_5 0.67$ 公斤和 $K_2O 1.13$ 公斤; 氮素吸收量最多, 钾次之, 磷最少。高产夏玉米对氮、磷、钾的吸收强度, 均在玉米抽雄受精期前后达到最大值, 茎秆和叶片对产量形成做出的贡献最大。土壤中氮、磷、钾含量的变化与植株氮、磷、钾的吸收积累进程之间无明显相关, 但增施肥料, 培肥地力, 乃是获取玉米高产极其重要的措施之一。

关键词 夏玉米 需肥规律 吸肥强度 氮磷钾肥

紧凑型玉米的培育和推广, 使玉米产量上了一个新台阶。90 年代以来, 黄淮海平原夏玉米大面积每公顷产量多在 7500~9000 公斤, 高产纪录超过每公顷 15000 公斤。研究高产夏玉米植株氮、磷、钾积累和分配规律, 为制订施肥方案, 提高肥料利用率, 进一步获取夏玉米高产提供理论依据。

1 材料和方法

试验在河北省廊坊市安次区进行, 供试品种为紧凑型中熟玉米掖单 12 号, 选农户高产田种植, 前茬小麦为京冬 6 号, 每公顷 7620 公斤。玉米 6 月 14 日播种, 9 月 30 日收获, 每公顷密度 75000 株, 产 10407 公斤。

土壤为沙壤, 有机质含量 1.15%, 全氮含量 0.18%, 碱解氮 59.4mg/kg, 速效磷 15.0mg/kg, 速效钾 56.4mg/kg。夏玉米播种前每公顷施入种肥磷酸二铵 150 公斤, 硫酸锌 15 公斤, 拔节期一次追施尿素 450 公斤/公顷。浇水两次。

夏玉米于 6 月 21 日出苗, 以后每隔 10 天取样一次, 前期每次 5 株, 拔节以后每次 3 株, 测定植株鲜重、叶面积, 烘干测干重, 并按叶片、茎秆、叶鞘、雄穗、雌穗、苞叶、穗轴、籽

粒分部位取样, 测定植株氮、磷、钾含量。每次测样同时测定土壤 0~20 厘米有机质、碱解氮、速效磷和速效钾含量。

2 结果与分析

2.1 氮素积累和分配

氮素是玉米高产的重要营养物质。随着玉米的生长发育进程, 植株对氮素的吸收数量逐步增多。夏玉米播后 22 天, 幼苗较小, 含氮较少, 每公顷只有 2.325 公斤, 仅相当每公顷最大氮素含量的 1.26%。幼苗阶段吸收的氮素主要来自种子胚乳。夏玉米拔节以后, 植株吸氮量迅速增加, 到孕穗期每公顷氮素积累量达 82.395 公斤, 相当于每公顷最大含氮量的 44.83%, 抽雄受精期每公顷含氮素积累量达 99.48 公斤, 相当于每公顷氮素含量的 54.13%。此后玉米转入生殖生长阶段, 氮素吸收和积累量急剧增加, 至播种后 103 天籽粒蜡熟期, 氮素积累量达一生最大值, 每公顷为 183.795 公斤。但随着植株生长发育进程, 氮素积累占干物重百分数有规律地减少(表 1)。

表 1 夏玉米植株氮素的吸收进程 (公斤/公顷)

生育时期	时 间 (日/月)	播后天数	植株氮素含量	氮占干物重 (%)	相当最大 含量(%)	阶段 吸收量	氮的日 吸收量
幼 苗	6/7	22	2.325	3.13	1.26	—	—
拔 节	17/7	33	13.815	2.91	7.52	11.490	1.050
孕 穗	6/8	53	82.395	1.81	44.83	68.580	3.435
抽雄受精	16/8	63	99.480	1.59	54.13	17.085	1.710
灌浆高峰	5/9	83	167.685	1.23	91.23	68.205	3.405
蜡 熟	25/9	103	183.795	0.99	100.00	16.110	0.810
完 熟	30/9	108	73.850	0.92	—	—	—

夏玉米幼苗阶段对氮素吸收速度较慢,从出苗至拔节每公顷日均吸收量仅 1.050 公斤;从拔节至孕穗吸收速度加快,阶段积累吸收量占总量的 37.3%,每公顷吸收量 3.435 公斤;从抽雄受精至灌浆盛期,阶段积累吸收量占总量的 37.1%,每公顷日均吸收量 3.405公斤,这是夏玉米氮素吸收积累的两个高峰期,以后吸收积累的数量减慢。

总的来说,在夏玉米抽雄受精前后 10~15 天,玉米叶片、茎秆及其他部位氮素积累量达到最大值。以后开始降低并重新分配,大量氮素向籽粒转移。氮素转移量茎秆>叶片>苞叶>叶鞘>穗轴>雄穗。在夏玉米成熟期测定,单株籽粒含氮量为 1.537 克,其中从叶片和茎秆转移的数量最多,分别为 0.241 克和 0.385 克,占籽粒含氮量的 15.7%和 25.0%,叶鞘、苞叶、穗轴转移量较少,分别为 0.116 克、0.144 克和 0.031 克,而雄穗转移

量仅为 0.012 克。各器官向籽粒转移氮素总量 0.929 克,占玉米成熟阶段总含氮量的 60.47%(表 2)。氮素养分再分配表明,玉米籽粒中的氮素大部分从营养器官转去,但仍有近 40%氮素需由土壤供应。因此,在玉米籽粒灌浆阶段仍需要保持较高的土壤肥力,以供植株吸收利用。

2.2 磷素积累和分配

夏玉米对磷素的吸收积累和分配态势与氮素相似,即在幼苗期吸收较少,播种出苗后 22 天,每公顷玉米含磷量仅有 0.480 公斤,相当最大含量的 0.67%,随着玉米生育进程对磷的吸收量逐渐增多,以拔节期以后吸收量几乎成倍增长,到籽粒蜡熟期达到最大值,每公顷积累总量 69.930 公斤,和氮素积累趋势相同。磷素占干物重的百分率有规律地降低(表 3)。

表 2 夏玉米不同器官氮素含量及其分配 (克/株)

生育时期	时间(日/月)	播后天数	叶片	茎秆	叶鞘	苞叶	雄穗	穗轴	籽粒	合计
幼 苗	6/7	22	0.031							0.031
拔 节	17/7	33	0.144	0.023	0.017					0.184
孕 穗	6/8	53	0.614	0.369	0.117					1.100
抽雄受精	16/8	63	0.612	0.486	0.179					1.307
灌 浆	26/8	73	0.680	0.363	0.121	0.206	0.003	0.128	0.109	1.636
灌浆高峰	5/9	83	0.678	0.211	0.097	0.114	0.022	0.118	0.925	2.165
蜡 熟	25/9	103	0.557	0.134	0.076	0.065	0.017	0.103	1.520	2.472
完 熟	30/9	103	0.439	0.101	0.063	0.058	0.016	0.097	1.537	2.311
占最大值差额			0.241	0.385	0.116	0.144	0.012	0.031	—	0.929
转移率(%)			35.44	79.22	64.80	69.90	42.85	24.22	—	—
占籽粒含量(%)			15.74	25.01	7.55	9.37	0.78	2.02	100.00	60.47

表 3 夏玉米植株磷素的吸收进程 (公斤/公顷)

生育时期	时 间 (日/月)	播后天数	植株磷 素含量	磷占干物重 (%)	相当最大 含量(%)	阶 段 吸收量	磷的日 吸收量
幼 苗	6/7	22	0.480	0.65	0.69	—	—
拔 节	17/7	33	2.910	0.61	4.16	2.430	0.2205
孕 穗	6/8	53	26.175	0.58	37.43	23.265	1.1640
抽雄受精	16/8	63	32.085	0.51	45.88	5.910	0.5910
灌浆高峰	5/9	83	61.620	0.45	88.12	29.535	1.4775
蜡 熟	25/9	103	69.930	0.38	100.00	8.310	0.4155
完 熟	30/9	108	63.525	0.34	—	—	—

夏玉米吸收磷素的强度,幼苗期较慢,播种后至拔节每公顷日均吸收量仅 0.2205 公斤;拔节至孕穗期吸收磷素增多,日均吸收量达 1.164 公斤;灌浆高峰阶段吸收量最多,日均吸收量达 1.4775 公斤,尔后降低。

夏玉米营养器官对磷素吸收高峰期均在抽雄受精前后 10~15 天,即在玉米播种后 65~85 天,尔后磷素重新分配并大量向籽粒转移。磷素转移量茎秆>苞叶>叶鞘>穗轴

>叶片>雄穗。在夏玉米籽粒完熟期测定,单株籽粒含磷量为 0.2097 克,其中从叶片转移来 0.0579 克,茎秆转移来 0.1706 克,叶鞘转移来 0.0484 克,转移率分别为 57.8%、86.2%和 72.1%。其他部位转移量很少。各器官向籽粒转移磷素总量为 0.4145 克,占玉米成熟阶段总含磷量的 58.4%(表 4)。就是说,另约有 40%的磷素需要由土壤吸收补给。

表 4 夏玉米不同器官磷素含量及其分配 (克/株)

生育时期	时间(日/月)	播后天数	叶片	茎秆	叶鞘	苞叶	雄穗	穗轴	籽粒	合计
幼 苗	6/7	22	0.0064							0.0064
拔 节	17/7	33	0.0301	0.0047	0.0039					0.0387
孕 穗	6/8	53	0.1579	0.0919	0.0392					0.2890
抽穗受精	16/8	63	0.1628	0.1980	0.0671					0.4279
灌 浆	26/8	73	0.1630	0.1584	0.0451	0.0824	0.0081	0.0501	0.0332	0.5403
灌浆高峰	5/9	83	0.1414	0.0877	0.0399	0.0447	0.0070	0.0336	0.3961	0.8104
蜡 熟	25/9	103	0.1172	0.0279	0.0362	0.0150	0.0048	0.0331	0.6503	0.8863
完 熟	30/9	108	0.1033	0.0274	0.0187	0.0154	0.0048	0.0263	0.7097	0.9020
占最大值差额			0.0579	0.1706	0.0484	0.0670	0.0033	0.0673	—	0.4145
转移率(%)			35.52	86.16	72.13	81.31	40.74	71.90	—	—
占籽粒含量(%)			8.16	24.04	6.82	9.44	0.46	9.48	100.00	58.40

2.3 钾素积累和分配

夏玉米幼苗阶段吸钾甚少,在播种出苗后 22 天,每公顷植株钾素积累仅 0.1350 公斤,相当每公顷最大钾素含量的 0.1%。夏玉米拔节以后吸收钾素逐步增加,从孕穗至抽

雄阶段吸收量 34.350 公斤,从抽雄至灌浆高峰阶段吸收量 49.680 公斤,累积吸收量相当最大含量的 87.68%。夏玉米籽粒蜡熟期钾素积累达最大值,每公顷达 122.970 公斤(表 5)。随着生长进程,钾素占干物重的百分率有规律地下降。

表 5 夏玉米植株钾素的吸收进程 (公斤/公顷)

生育时期	时 间 (日/月)	播后天数	植株钾 素含量	钾的日 吸收量	占干物重 (%)	相当最大 含量(%)	阶 段 吸收量
幼 苗	6/7	22	1.350	—	1.82	1.10	—
拔 节	17/7	33	4.725	0.420	0.99	3.84	4.59
孕 穗	6/8	53	43.290	2.070	0.96	35.20	41.26
抽雄受精	16/8	63	58.140	1.485	0.93	47.28	14.85
灌浆高峰	5/9	83	107.820	2.490	0.79	87.68	49.68
蜡 熟	25/9	103	122.970	1.765	0.66	100.00	15.15
完 熟	30/9	108	106.875	—	0.58	—	—

夏玉米吸收钾素的强度,在幼苗阶段吸收缓慢,从幼苗至拔节阶段每公顷日均吸收

量仅 0.420 公斤,拔节以后逐步增加,至孕穗阶段达最大值,每公顷日均吸收量为 2.070

公斤,阶段累积吸收量占总量的 35.20%,此后直至灌浆高峰期保持较高的吸收强度,每公顷日均吸收量 2.490 公斤,之后急剧降低。

夏玉米不同器官钾素积累高峰期与氮、磷相似,均在玉米抽雄受精前后 15~20 天,

尔后大量向籽粒转移,不同器官的钾素转移量为叶片>茎秆>苞叶>叶鞘。夏玉米收获时单株籽粒含钾量为 0.6020 克,其中叶片转移率占 40.79%,茎秆占 20.58%,苞叶占 17.48%,叶鞘占 14.78%(表 6)。

表 6 夏玉米不同器官钾素含量及其分配 (克/株)

生育时期	时间(日/月)	播后天数	叶片	茎秆	叶鞘	苞叶	雄穗	穗轴	籽粒	合计
幼 苗	6/7	22	0.0018							0.0118
拔 节	17/7	33	0.0458	0.0103	0.0068					0.0629
孕 穗	6/8	53	0.1154	0.1403	0.0610					0.3167
抽 雄	16/8	63	0.4079	0.2027	0.1646					0.7752
灌 浆	26/8	73	0.5427	0.3169	0.1854	0.1708	0.0166	0.0815	0.0489	1.1774
灌浆高峰	5/9	83	0.3582	0.2634	0.1444	0.2460	0.0188	0.1866	0.2202	1.4376
蜡 熟	25/9	103	0.3132	0.2098	0.1382	0.2840	0.0214	0.2048	0.4681	1.6395
完 熟	30/9	108	0.2971	0.1930	0.0964	0.1788	0.0189	0.1888	0.6020	1.5748
占最大值差额			0.2456	0.1239	0.0890	0.1052	0.0025	0.0160	—	0.5822
转移率(%)			45.26	39.10	48.00	37.04	11.68	7.81	—	—
占籽粒含量(%)			40.79	20.58	14.78	17.48	0.42	2.66	100.00	96.72

2.4 夏玉米不同发育阶段和收获时器官中氮、磷、钾含量和比例

测定表明,夏玉米不同生育阶段植株中氮、磷、钾含量不同。总的来说,氮素含量较多,钾素次之,磷素较少。拔节期三者比例为 1:0.211:0.342,孕穗期为 1:0.263:0.289;抽雄受精期比例为 1:0.323:0.584,蜡熟期为 1:0.380:0.651(表 7)。随着氮素积累数量的增加,磷素和钾素含量的比值相应提高。

表 7 夏玉米不同发育阶段氮、磷、钾含量及其比例 (公斤/公顷)

生育时期	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N:P ₂ O ₅ :K ₂ O
幼 苗	2.325	0.480	0.135	1:0.206:0.058
拔 节	13.815	2.910	4.725	1:0.211:0.342
孕 穗	82.395	21.675	23.790	1:0.263:0.289
抽雄受精	99.480	32.085	58.140	1:0.323:0.584
灌 浆	122.400	61.620	107.820	1:0.503:0.881
蜡 熟	183.780	69.930	122.970	1:0.380:0.651
完 熟	173.865	63.525	106.875	1:0.365:0.615

夏玉米每公顷产 10410 公斤。收获时营养物质大量向籽粒转移,不同器官中氮、磷、钾含量发生很大的变化。在收获期的玉米叶

片中,氮、磷、钾含量比例为 1:0.24:0.68,茎秆中含量的比例为 1:0.27:1.92;叶鞘含量的比例为 1:0.29:1.54;穗轴中含量的比例为 1:0.27:1.95;苞叶中含量的比例为 1:0.27:3.69;籽粒中含量的比例为 1:0.42:0.39(表 8)。在玉米收获物中,茎秆和叶片中氮和磷的含量均比籽粒中含量高,而钾的含量在茎秆、叶片和籽粒中均高。

表 8 夏玉米收获时不同器官氮、磷、钾含量(公斤/公顷)及其比值

部位	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N:P ₂ O ₅ :K ₂ O
叶片	32.955	7.755	22.290	1:0.24:0.68
茎秆	7.560	2.055	14.475	1:0.27:1.92
叶鞘	4.710	1.140	7.230	1:0.29:1.54
穗轴	7.245	1.980	14.160	1:0.27:1.95
苞叶	4.335	1.155	13.410	1:0.27:3.69
籽粒	115.305	48.810	45.150	1:0.42:0.39
全株	183.780	69.930	118.110	1:0.38:0.64

综上所述,夏玉米掖单 12 号 10410 公斤/公顷,吸收 N183.780 公斤,P₂O₅69.930 公斤,K₂O118.110 公斤。每生产 100 公斤玉米籽粒需要吸收 N1.76 公斤,P₂O₅0.67 公斤,K₂O1.13 公斤,氮、磷、钾比例为 1:0.38:0.64。

2.5 植株吸收强度与土壤氮、磷、钾含量的关系

2.5.1 植株对氮素的吸收强度有两个峰值,一次出现在孕穗期(8月6日),一次出现在灌浆高峰期(9月5日),尔后吸收强度降低。夏玉米播种时因施用氮肥,故土壤0~20厘米碱解氮含量在幼苗阶段较高,拔节期(7月17日)达最大值,为66.4mg/kg,以后降低。尽管在拔节后(7月27日)一次追施尿素450公斤/公顷,土壤含氮量并未明显提高。土壤碱解氮在急剧下降后逐渐平稳,这可能和植株拔节以后需要大量的氮素养分供应有关。总的来说,玉米籽粒灌浆阶段土壤氮素含量基本上可以满足需要。

2.5.2 土壤中速效磷含量变化较大。玉米播种时施入磷酸二铵150公斤/公顷,土壤中速效磷的含量急剧增高,适逢幼苗期需要大量磷素供应,吸收强度持续提高,玉米灌浆高峰期达到最大值。土壤速效磷含量则在拔节期

以后急剧下降。但在灌浆阶段又逐渐增加,可能是与土壤有机磷在高温条件下分解释放有关。这对籽粒灌浆增重有良好的作用。

2.5.3 土壤中速效钾含量随着玉米生长发育进程出现低谷,表明植株吸收钾素增多;8月及其以后发生降雨和高温过程,土壤中速效钾含量不断增加并达到较高的水平,表明当地石灰性褐土有天然的潜在供钾能力。这对玉米抽雄受精阶段大量吸收钾素有良好作用,特别是玉米茎秆、叶鞘和苞叶中大量积累钾素并向籽粒转移。

总的来说,获取夏玉米高产需施入大量的氮、磷、钾肥料,但植物吸收氮、磷、钾的强度和土壤耕层氮、磷、钾含量没有显著的相关性,玉米吸收积累氮、磷、钾的数量主要取决于生长发育进程中吸肥强度和需肥规律。土壤中的养分动态变化还与温度、湿度、土壤质地有关,因而增施肥料,培肥地力,乃是获取夏玉米高产的重要措施。(参考文献略)